

### **Concise Explanation of the Relevance**

Japanese Patent Laid-Open Publication No. Hei 6-291366 discloses a sapphire substrate 1, n-type GaN layer 2, Zn-doped InGaN layer 3, p-type GaN layer 4, and transparent film 5, as can be seen in Fig. 1.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{LaF}_3$ , and  $\text{CeF}_3$  are listed as examples of the material for the transparent film.

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平5-98621

(22)出願日 平成5年(1993)3月31日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 山田 元显

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 田中 政信

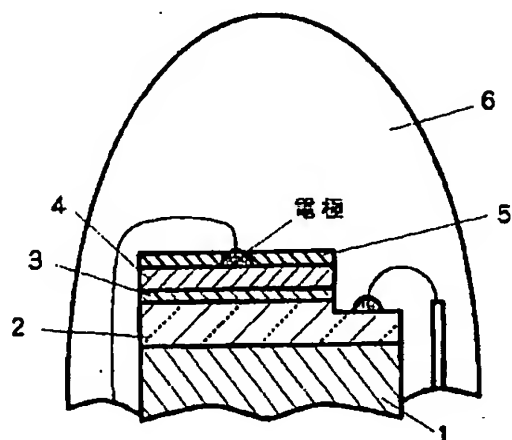
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

## (57)【要約】

【目的】 窒化ガリウム系化合物半導体内部の光の多重反射により起こる干渉を抑えることにより、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の外部量子効率を向上させる。

【構成】 サファイア基板の上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されたチップを封止材料で封止してなる発光素子において、前記窒化ガリウム系化合物半導体表面に、該窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長における屈折率が、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率と封止材料の屈折率との間にある透明薄膜が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されたチップを封止材料で封止してなる発光素子において、前記窒化ガリウム系化合物半導体表面に、該窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長における屈折率が、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率と封止材料の屈折率との間にある透明薄膜が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記透明薄膜は、透明薄膜の膜厚を $t$ 、窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長を $\lambda$ 、 $\lambda$ における透明薄膜の屈折率を $n$ とすると、 $t = A\lambda / (4n)$  (但し、 $A$ は自然数) の関係で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記透明薄膜は導電性を有していることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はサファイア基板上に一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ ) で表される窒化ガリウム系化合物半導体が積層されたチップを、例えばエポキシ樹脂等の封止材料で封止してなる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】  $\text{GaN}$ 、 $\text{GaAlN}$ 、 $\text{InGaN}$ 、 $\text{InAlGaIn}$ 等の窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移を有し、バンドギャップが $1.95\text{ eV} \sim 6\text{ eV}$ まで変化し、その発光色は紫外から赤色にまで及ぶため、発光ダイオード、レーザダイオード等、発光素子の材料として有望視されている。その窒化ガリウム系化合物半導体よりなる発光素子は、一般にMOCVD、MBE法等の気相成長法を用いてサファイア基板上に $n$ 型及び $p$ 型、あるいは $n$ 型及び $i$ 型に成長して積層し、それぞれの層から電極を取り出した後、チップ状としてリードフレームに固定し、最後にエポキシ等の樹脂で封止することによって得られる。

【0003】 しかしながら、その窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、前記のようにサファイア基板の上に、窒化ガリウム系化合物半導体という全く異なる材料を積層するいわゆるヘテロエピタキシャル構造であるため、他の $\text{GaAs}$ 、 $\text{GaP}$ 等、同一材料の上に積層される発光素子に比して、基板とエピタキシャル膜との屈折率の違いにより外部量子効率が悪くなるという欠点を有している。具体的にはサファイア基板と窒化ガリウム系化合物半導体、あるいは窒化ガリウム系化合物半導体と発光素子を封止する樹脂モールドとの屈折率の違いにより、窒化ガリウム系化合物半導体の発光がそれらの界面で多重反射され、反射光は窒化ガリウム系化合物半導体

内部で吸収されてしまい、発光を効率よく外部に取り出せないという問題がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 窒化ガリウム系化合物半導体と基板、封止材料、または大気との多重反射を抑制し、干渉を少なくすることができれば、外部量子効率を向上させて、発光効率を向上させることができる。従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたものであり、その目的とするところは、窒化ガリウム系化合物半導体内部の光の多重反射により起こる干渉を抑えることにより、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の外部量子効率を向上させることにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 我々は窒化ガリウム系化合物半導体内部の多重反射を抑制し、外部量子効率を上げるため数々の実験を行ったところ、封止材料の屈折率と、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率との間に屈折率を有する透明な光学薄膜を窒化ガリウム系化合物半導体表面に形成することにより上記問題が解決できることを新たに見出した。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、サファイア基板上に窒化ガリウム系化合物半導体が積層されたチップを封止材料で封止してなる発光素子において、前記窒化ガリウム系化合物半導体表面に、該窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長における屈折率が窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率と封止材料の屈折率との間にある透明薄膜が形成されていることを特徴とする。

【0006】 屈折率は波長によって多少異なるが、窒化ガリウム系化合物半導体表面に形成する透明薄膜の材料としては、その屈折率が窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率と封止材料との間にあり、透明な材料であればどのようなものでもよい。具体的には、発光素子に用いられる窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率がおよそ2、封止材料として一般的に用いられているエポキシ樹脂の屈折率がおよそ1.5であることから、2と1.5の間にある材料として、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$  (屈折率1.62)、 $\text{MgO}$  (1.75)、 $\text{SnO}_2$  (1.9)、 $\text{LaF}_3$  (1.59)、 $\text{CeF}_3$  (1.63)等を好ましい材料として挙げることができ、それらの材料を例えば、蒸着、スパッタリング、プラズマCVD等の装置を用いて窒化ガリウム系化合物半導体の表面に形成することができる。

【0007】 さらに透明薄膜の膜厚は透明薄膜の膜厚を $t$ 、窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長を $\lambda$ 、 $\lambda$ における透明薄膜の屈折率を $n$ とすると、 $t = A\lambda / (4n)$  (但し、 $A$ は自然数) の関係で形成することが好ましい。この膜厚で透明薄膜を形成することにより、透明薄膜は発光波長 $\lambda$ の光に対し無反射コート条件を満たし、界面で反射すること無く、光を封止樹脂に透過させることができる。 $A$ 値は特に限定するものではないが、

5以下の自然数を選択する方が膜厚を薄く形成でき、発光が吸収される量が少なくなるため、さらに好ましい。

【0008】

【作用】図1に、本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す。1はサファイア基板、2はn型Ga<sub>0.9</sub>N層、3はZnドープInGa<sub>0.9</sub>N層、4はMgドープp型Ga<sub>0.9</sub>N層、5はSnO<sub>2</sub>よりなる透明薄膜、6は全体を封止したエポキシ樹脂よりなる封止材料であり、この構造の発光素子において、発光層はZnドープInGa<sub>0.9</sub>N層3にあたる。サファイアの屈折率がおよそ1.6、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率がおよそ2、エポキシ樹脂の屈折率がおよそ1.5である場合、図2に示すように従来の発光素子は、サファイア基板1、窒化ガリウム系化合物半導体2、3、4、エポキシ樹脂6、それぞれの材料において屈折率が異なるため、InGa<sub>0.9</sub>N層3の発光の一部がp型Ga<sub>0.9</sub>N層4とエポキシ樹脂との界面で反射され、さらに反射光はサファイア基板1とn型Ga<sub>0.9</sub>N層2との界面で反射されることにより多重反射となり、次第に窒化ガリウム系化合物半導体層2、3、4中で吸収されて減衰する。窒化ガリウム系化合物半導体2、3、4に関してはそれらの屈折率はほとんど同一と見なしてもよい。互いの半導体層界面での多重反射は零(0)と見なしてよい。一方、本発明のように(図1、図3)Mgドープp型Ga<sub>0.9</sub>N層の上に、屈折率が窒化ガリウム系化合物半導体とエポキシ樹脂との間にあるSnO<sub>2</sub>膜5(屈折率1.9)を形成した場合、図3に示すように、SnO<sub>2</sub>膜5が緩衝層となり、界面での光の反射を少なくすることができる。特にそのSnO<sub>2</sub>膜5の膜厚 $t$ を $t = \lambda / (4n)$ の厚さに設定することにより、SnO<sub>2</sub>膜5は無反射コートとして作用し、反射をほとんど無くすることができる。さらに好都合なことには、SnO<sub>2</sub>のような導電性を有する透明薄膜を形成すると、オーミックコンタクト下された電極と電気的に接続することができ、p型Ga<sub>0.9</sub>N層4の全面電極として作用させることができる。

【0009】

【実施例】【実施例1】MOCVD法により、サファイア基板上にGa<sub>0.9</sub>Nバッファ層と、Siドープn型Ga<sub>0.9</sub>N層と、ZnドープInGa<sub>0.9</sub>N層と、MgドープGa<sub>0.9</sub>N層とを順に成長させて積層した窒化ガリウム系化合物半導体ウェハーを用意する。次に、このウェハーの最上層であるp型Ga<sub>0.9</sub>N層にフォトリソグラフィ技術により所定のパターンを形成して、p型Ga<sub>0.9</sub>N層を一部エッチングして、電極を形成させるだけのn型Ga<sub>0.9</sub>N層を露出させた後、p型Ga<sub>0.9</sub>N層、およびn型Ga<sub>0.9</sub>N層にオーミック電極を付ける。両電極に通電して、この窒化ガリウム系化合物半導体の発光波長を測定したところ、470nmにピークを有していた。

【0010】次に、電極の一部にマスクをした後、蒸着によりp型Ga<sub>0.9</sub>N層の表面にSnO<sub>2</sub>よりなる透明薄膜

を形成する。なお膜厚は、470nmにおける窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率をおよそ2、SnO<sub>2</sub>の屈折率を1.9とし、 $t = 470 / (4 \times 1.9)$ より、約620オングストロームとした。

【0011】次に電極のマスクを剥離し、ウェハーを0.5mm角のチップに切断する。最後に常法に従いチップをリードフレーム上に載置してワイヤーボンディングした後、エポキシ樹脂で封止して本発明の発光素子(青色発光ダイオード)を得る。この発光ダイオードの発光スペクトルを図4(a)に示す。一方比較のため、透明薄膜を形成せず同様にして得た従来の発光ダイオードのスペクトルを同じく図4(b)に示す。

【0012】この図に示すように、従来の発光ダイオードのスペクトルは主発光ピーク以外に、多重反射の干渉効果による複数のピークが現れている。一方、本発明の発光ダイオードのスペクトルには多重反射による干渉効果のピークが現れておらず、また発光強度が従来のものに比して10%以上向上したことがわかる。

【0013】【実施例2】サファイア基板上にGa<sub>0.9</sub>Nバッファ層と、Siドープn型Ga<sub>0.9</sub>N層と、MgドープGa<sub>0.9</sub>N層とを順に成長させて積層し、その主発光波長を430nmとする窒化ガリウム系化合物半導体ウェハーを準備する。

【0014】実施例1と同様にしてp型Ga<sub>0.9</sub>N層をエッチングした後、そのp型Ga<sub>0.9</sub>N層の表面に同じく蒸着にて、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなる透明薄膜を形成する。なお透明薄膜の厚さはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の屈折率が1.6であることから、 $t = 430 / (4 \times 1.6)$ で670オングストロームとする。

【0015】後は実施例1と同様にして、青色発光ダイオードを作製し、そのスペクトルを測定した。その結果を図5(c)に示す。また比較のため透明薄膜を形成しない青色発光ダイオードを同様にして作製し、そのスペクトルを図5(d)に示す。

【0016】この図も図4と同様に透明薄膜を形成しない従来の発光ダイオードの発光スペクトルには、多重反射の干渉による複数のピークが出現している。これに対し、本発明の発光ダイオードのスペクトルからは、複数のピークが消え、しかも発光強度が10%以上向上している。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、窒化ガリウム系化合物半導体表面に、半導体内部で発生する多重反射の干渉を抑える作用のある透明薄膜を形成しているため、窒化ガリウム系化合物半導体の発光を有効に外部に取り出すことができ、発光素子の外部量子効率が増加する。また、窒化ガリウム系化合物半導体以外の他の材料よりなる発光素子はヘテロエピタキシャル構造ではないためそのような薄膜を設けても効果が少ないが、ヘテロエピタキシ

ャル構造である窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は透明薄膜の効果が顕著に現れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造の一部を示す模式断面図。

【図2】 従来の発光素子の光路を説明する模式断面図。

【図3】 本発明の発光素子の光路を説明する模式断面図。

【図4】 本発明の一実施例に係る発光素子のスペクトルと、従来の発光素子のスペクトルとを比較して示す

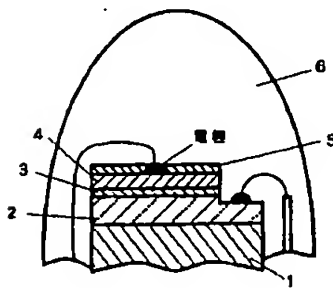
図。

【図5】 本発明の一実施例に係る発光素子のスペクトルと、従来の発光素子のスペクトルとを比較して示す図。

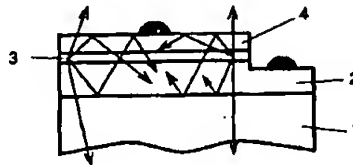
【符号の説明】

1 . . . . . サファイア基板	2 . . . . . n型 GaN層
3 . . . . . ZnドープInGaN層	4 . . . . . p型 GaN層
5 . . . . . 透明薄膜	6 . . . . . 封止樹脂

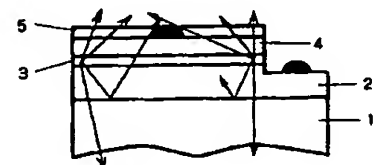
【図1】



【図2】



【図3】



【図5】

【図4】

